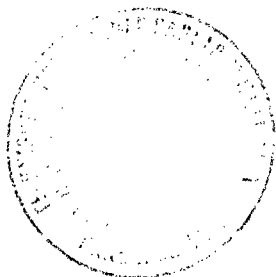


30-0211/001

XIII 258

INSTITUT FÜR BAUSTOFFKUNDE UND STAHLBETONBAU
DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG
DIREKTOREN: PROF. DR.-ING. K. KORDINA – PROF. DR.-ING. G. REHM



Untersuchungen zur Anwendung von hakenförmigen Übergreifungsstößen in Rahmenecken

Vorläufiger Abschlußbericht

erstattet von

o. Prof. Dr.-Ing. K. Kordina

Dr.-Ing. G. Fuchs

Braunschweig, Januar 1970

DK 624.072.33
Postsendungen:
33 Braunschweig, Beethovenstraße 52
Erfüllungsort und Gerichtsstand Braunschweig

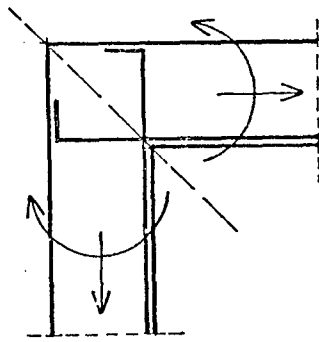
Fernsprecher: (0531) 4782281

Fernschreiber: 952698 ibstb d

Zur Vermeidung von Verzögerungen wird dringend gebeten, Zuschriften nur an das Institut zu richten, nicht aber an die Mitarbeiter

1. Aufgabenstellung

Im Anschluß an die Versuche mit kurzen Hakenübergreifungsstößen, die an geraden Plattenstreifen durchgeführt wurden, sollte überprüft werden, wie sich eine derartige Stoßverbindung bei der Verbindung von Bauteilen nach Art einer Rahmenecke verhält. Dabei erschien die Beanspruchung durch ein positives Moment besonders interessant, weil in diesem Falle die Hauptbewehrung unter 45°



zur Richtung der Zugkräfte verläuft, während bei negativem Moment ein Übergreifungsstoß mit Haken vergleichsweise als unproblematisch angegeben werden kann, vorausgesetzt, der Krümmungshalbmesser der Haken ist hinreichend groß, um die Zugkräfte um- und überzuleiten. Neben den Versuchskörpern mit gestoßener Bewehrung wurden auch Versuchskörper untersucht, bei

denen die Zugbewehrung schlaufenförmig und ungestoßen im Eckbereich geführt wird. In beiden Fällen sollte geprüft werden, inwieweit sich eine Fugenausbildung kurz vor der Ecke auf den Gebrauchs- und Rißzustand auswirkt.

Schließlich sollte studiert werden, ob bei positivem Eckmoment eine kurze Bewehrungszulage, die im Eckbereich senkrecht zur Winkelhalbierenden angeordnet wird, eine wesentliche Verbesserung des Trag- und Rißverhaltens bringt.

2. Beschreibung der Versuchskörper

Es wurden 6 Versuchskörper untersucht; deren äußere Abmessungen sowie Form und Anzahl der Bewehrungsstäbe sind aus den Anlagen 1 und 2 ersichtlich. Als Längsbewehrung wurde für alle Versuche Rippenstahl St III b $\varnothing 12$ verwendet; nur als kurze Bewehrungszulage senkrecht zu der Winkelhalbierenden im Eckbereich wurden bei den

Körpern E 5 und E 6 Ø 10 angeordnet, um einen kleineren Krümmungsdurchmesser bei den Endhaken zu ermöglichen. Die beiden zu stoßenden Teile entsprachen Plattenstreifen und erhielten daher zwar eine Querbewehrung, aber keine Bügel.

Der Bewehrungsgrad wurde so abgestimmt, daß bei Bemessung nach dem zur Zeit noch gebräuchlichen n-Verfahren mit der zulässigen Stahlspannung von $\sigma_s = 2,4 \text{ Mp/cm}^2$ ungefähr die zulässige Betonspannung von 100 kp/cm^2 erhalten wird. (Betongüte B 300)

Um den Einfluß von Betonierfugen am Anschluß der Plattenstreifen an die Rahmenecke zu untersuchen, wurde bei allen drei Bewehrungsarten jeweils ein Versuchskörper in einem Stück betoniert und beim anderen Versuchskörper zunächst die Schenkel hergestellt und die Ecke einige Tage danach ausbetoniert.

3. Belastungsanordnung und Meßeinrichtung

Belastungsanordnung und Meßeinrichtung sind aus den Anlagen 6 und 7 zu ersehen: Die Versuchskörper wurden an drei Punkten unterstützt, und zwar an einem freien Schenkel und im Eckbereich durch unverschiebbliche Lager und am anderen freien Schenkel durch ein Rollenlager. Die Lasteintragung erfolgte horizontal durch eine 20 Mp-Pressen, die ihre Kraft in halber Höhe der Versuchskörper über vertikal stehende Stahlprofilträger IPB 160 auf die freien Schenkel abgab. Durch die Krafteintragung jeweils unter 45° zu diesen Schenkeln wurden die Versuchskörper gleichzeitig durch ein Moment und eine Zugkraft beansprucht. Es wurde also eine ähnliche Schnittkraftkombination erzielt wie in der Ecke eines Behälters mit rechteckigem Grundriß.

Gemessen wurden je Laststufe die Betondehnungen auf der Biegezugseite und die Betonstauchungen an der Biegedruckseite jeweils mit einem Setzdehnungsmesser (Meßteilung: 1 Teilstück = 0,002 mm) mit

20 cm Meßlänge. Außerdem wurde die Änderung des Abstandes der freien Schenkel über ein Meßrad (Anzeigegenauigkeit 0,1 mm) gemessen und mit Ausnahme des Versuches E 1 auch die Abstandsänderung der beiden Schenkel direkt an der einspringenden Ecke und ca. 19 cm davor mit Meßuhren (Anzeigegenauigkeit 0,01 mm). Die maximale Rißbreite wurde in jeder Laststufe mit einer Meßlupe festgestellt.

4. Gebrauchslast - Bruchlast

Die Kennwerte der Versuchsträger, die Beziehungen zwischen Pressenlast und rechnerischer Stahl- und Betonspannung sowie die zulässige Last und die Bruchlast sind auf Anlage 4 und 5 abgeleitet; als maßgebender Querschnitt für die rechnerischen Nachweise der Gebrauchs- und Bruchlast wurde der Anschnitt der Plattenstreifen direkt vor der einspringenden Ecke angenommen.

5. Baustoffe und Herstellung

Die Sieblinie der Zuschlagstoffe sowie Wasser- und Zementgehalt sind für die angestrebte Betongüte von B 300 auf Anlage 5 aufgetragen. Als Zement wurde Hannoverscher Portlandzement Alemania PZ 275 mit einer Normfestigkeit von ca. 500 kp/cm^2 verwendet. Die Wasserzugabe erfolgte unter Berücksichtigung der Eigenfeuchte der Zuschläge.

Die erreichten Druck- und Biegezugfestigkeiten an gleichzeitig mit den Versuchskörpern hergestellten Gütewürfeln und Biegezugbalken ($15 \cdot 10 \cdot 70 \text{ cm}^3$) sind auf Anlage 8 dargestellt.

Die Kennwerte des verwendeten Stahls sind auf Anlage 5 aufgeführt.

Als Schalung wurde Betonplan verwendet, wobei auch die Kontaktflächen im Bereich der späteren Fuge glatt abgeschalt und später nicht aufgeraut wurden. Die Versuchskörper wurden in der gleichen Stellung (stehend wie Wände) betoniert, in der sie auch später

geprüft wurden. Die Betonverdichtung erfolgte durch Innenrüttler.

Der Beton wurde jeweils die ersten 7 Tage mit feuchten Tüchern abgedeckt und anschließend bei einer mittleren Hallentemperatur von 20°C bis zur Prüfung gelagert. Das Betonieren der Fugen erfolgte 3 bis 7 Tage nach dem Betonieren der Plattenteile.

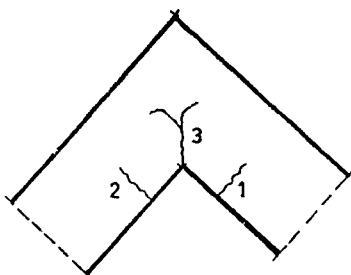
6. Versuchsdurchführung

Die Belastungsgeschwindigkeit betrug etwa $1,0\text{ Mp/min}$, etwa 30 Sekunden nach der Lastaufbringung wurde mit dem Ablesen begonnen; das Ablesen der Dehnungsmeßgeräte sowie das Messen der Rißbreiten dauerte je Laststufe etwa 15 Minuten. Während dieser Zeit war bei Lasten unterhalb etwa 80 % der Bruchlast kein merkliches Kriechen zu beobachten. Die Belastung erfolgte in Stufen von $0,4\text{ Mp}$, so daß die zulässige Gebrauchslast etwa nach 5 Laststufen erreicht wurde. Bei Versuch E 1, E 2, E 5 und E 6 wurde bei einer Pressenlast von $1,6\text{ Mp}$, das entspricht etwa 80 % der zulässigen Last, ein 10-maliger Lastwechsel unternommen; bei Versuch E 3 und E 4 erfolgte dieser Lastwechsel infolge eines Irrtums bei der Ablassung der Pressendrucke schon bei $0,8\text{ Mp}$ Pressenlast (etwa 40 % der zulässigen Last). Die erreichten Bruchlasten und max. Rißbreiten sind in Anlage 8 zusammengestellt.

7. Versuchsergebnisse

7.1 Rißbildung

Bei allen 6 geprüften Rahmenecken bildeten sich drei markante



Risse aus, während die übrigen Risse bis kurz vor dem Bruch nur als feine Haarrisse auftraten. Von diesen drei wesentlichen Rissen trat jeweils einer in der Betonierfuge entlang des Fugenbetons auf, oder, wenn die Versuchskörper in einem Stück betoniert wurden,

etwa 2 bis 5 cm von der Kehle entfernt. Der dritte Riß begann in der Kehle, verlief zunächst in Richtung der Winkelhalbierenden und gabelte sich dann. Die Rißbreiten dieser Risse sind auf Anl. 9 für die einzelnen Laststufen angegeben.

Die ersten Risse traten bei einer Last von 0,8 Mp auf; bei dieser Last beträgt die Stahlspannung etwa $1,0 \text{ Mp/cm}^2$ und die max. Biegezugspannung etwa 32 kg/cm^2 und liegt damit in der Größe der an den Betonbalken gemessenen Biegezugfestigkeit. Bei den Versuchskörpern E 1 bis E 4 trat der erste größere Riß in der Kehle auf, bei den Versuchskörpern E 5 und E 6, die eine Zulagebewehrung hatten, jeweils außerhalb der Kehle.

Zum Vergleich zu den mittels Rimelupe gemessenen Rißbreiten wurden die Dehnungen senkrecht zum Rißverlauf gemessen. Auf Anlage 10 sind die Meßwerte im Bereich der einspringenden Ecke angegeben und in Anlage 12 aufgetragen; auf Anlage 14 befinden sich die Meßwerte für die Dehnungen und Stauchungen im Bereich der Betonierfugen. Auf Grund dieser Meßwerte ist ersichtlich, daß die Anordnung einer Betonierfuge nur geringfügig größere Rißbreiten bei den Versuchskörpern E 1 bis E 4 brachte; dagegen traten bei dem mit Betonierfugen hergestellten Versuchskörper E 5 bis zu einer Stahlspannung von $\sigma_s = 2,5 \text{ Mp/cm}^2$ nur im Bereich dieser Betonierfugen klaffende Risse auf, während die Kehle ohne Riß blieb; bei Träger E 6, der in einem Stück betoniert wurde, verteilten sich dagegen die Dehnungen gleichmäßig auf drei Risse, so daß die maximale Rißbreite kleiner blieb, als bei Träger E 5.

Interessant war, daß zwischen den Versuchskörpern mit Hakensten und denen mit durchlaufender Bewehrung hinsichtlich des Rißverhaltens keinerlei Unterschied bestand. Bei beiden Bewehrungsarten traten schon unter Gebrauchslast Kehlrisse zwischen 0,3 und 0,5 mm auf. Der Grund dafür liegt in der großen Abweichung der Richtung der Bewehrungsstäbe von der Richtung der Zugbeanspruchung im Bereich

der Kehle. Eine erhebliche Verbesserung wurde durch die Zulagebewehrung bei den Trägern E 5 und E 6 erreicht. Die Summe der Rißbreiten dieser drei markanten Risse blieb jedoch bei allen Versuchskörpern etwa gleich groß.

7.2 Bruchlasten

Ein Vergleich der erreichten Bruchlasten zeigt, daß kein Versuchskörper die erforderliche Sicherheit von 1,75 gegenüber der rechnerischen Gebrauchslast erbrachte. Die geringste Tragfähigkeit zeigten die Versuchskörper mit den Hakenstößen (E 1 und E 2); hier konnte die Tragkraft durch eine Zulagebewehrung senkrecht zur Winkelhalbierenden in der Rahmenecke gesteigert werden. Die Körper mit ungestoßener schlaufenförmig angeordneter Bewehrung – die der gegenwärtigen Konstruktionspraxis entspricht – zeigten eine etwas größere Tragkraft als die Hakenstoßverbindung, blieben aber unter jener der Hakenstoßverbindung mit Zulagebewehrung. Eine Abhängigkeit der Höhe der Bruchlast von der Anordnung einer Betonierfuge kurz vor der Rahmenecke war nicht festzustellen.

Die Ursache für den Eintritt des Bruches jeweils vor dem Erreichen der Fließgrenze der Längsbewehrung war vor allem durch das Aufklaffen der Biegezugzone gegeben, was zu einer Einschnürung und Zerstörung der Biegedruckzone führte. Die Ursache der großen Dehnungen auf der Biegezugseite in Form von klaffenden Rissen dürfte weniger in einer übergroßen Stahldehnung, als vielmehr in einem Schlupf der Längsbewehrung liegen, der dadurch verursacht wird, daß an den Abbiegestellen der Bewehrung der Beton durch Umlenkkräfte örtlich sehr gepreßt wird, – was den sogenannten Hakenschlupf hervorruft –, zusätzlich aber durch die Umlenkkräfte auch ein Spalten des Betons eintritt, was die Haftung der eingebetteten Bewehrungsstäbe herabsetzt. Ein völliges Durchspalten des Betons wird zwar durch die eingelegte Querbewehrung verhindert, so daß der Scherverbund trotz feiner Querrisse erhalten bleibt, der Haftverbund

aber weitgehend aufgehoben wird. Die Randstäbe erfahren gegenüber den innenliegenden Stäben einen noch größeren Schlupf, da zusätzliche Querkzugkräfte infolge der versetzten Lage der zu stoßenden Stäbe auftreten und die Aufnahme der Spaltzugkräfte, die aus den Umlenkpressungen im Abbiegebereich herrühren, wegen des geringen Abstandes der Randstäbe von der Betonoberfläche durch die eingelegten Querstäbe nur unvollständig erfolgen kann. Der Bruch ging daher von den Plattenrändern aus, wobei der Beton in Höhe der Randstäbe spaltete.

7.3 Einfluß der 10 Lastwechsel unter 80 % der Gebrauchslast

Infolge der 10 Lastwechsel wurde im allgemeinen eine Zunahme der Dehnungen um ca. 10 % des Betrages erhalten, der infolge der statischen Last von Null bis zur ersten Belastung mit 80 % der Gebrauchslast auftrat. Die Rißbreiten nahmen während der Lastwechsel noch stärker zu (vergl. Anl. 9).

7.4 Verschiebung der Schenkellenden

Auf Anlage 10 sind die Meßwerte angegeben und auf Anlage 11 aufgetragen. Da bei der Rißbeobachtung gefunden wurde, daß die Summe der großen Risse in der Rahmenecke bei allen 6 Versuchskörpern nahezu gleich groß blieb, war zu erwarten, daß auch die Winkeländerung der Rahmenecken etwa gleich blieb. Anlage 11 bestätigt das. Eine Zulagebewehrung in der Kehle bei den Versuchskörpern E 5 und E 6 konnte also die Größe der Verformung nicht verringern, sondern nur die Risse etwas günstiger verteilen.

Die Verformungen folgten bis 40 % der Gebrauchslast den rechnerischen Verformungen nach Stadium I, darüber hinaus nähern sie sich den Verformungen nach Stadium II (berechnet auf Anlage 4).

Bei der Berechnung statisch unbestimmter Systeme wird im allgemeinen bei gleichen Abmessungen auch von einer konstanten Biegesteifigkeit ausgegangen. Da sich hier die Eckbereiche wesentlich biegeweicher erwiesen,

werden die Plattenteile zwischen den Ecken durch größere Schnittkräfte (Feldmomente) beansprucht, als sie im allgemeinen der Bemessungen zugrundegelegt werden.

8. Zusammenfassung

Es wurden 6 aus Plattenstreifen gebildete Rahmenecken mit unterschiedlicher Bewehrungsführung unter Biegung mit Zugkraft positives Eckmoment geprüft. Die Versuchskörper waren mit je 6 Rippenstählen St 42/50 Ø 12 bewehrt. Im Bereich der Ecke wurden 4 Querstäbe Ø6 eingelegt. Bei 3 Versuchskörpern wurden kurz vor der Ecke Betonierfugen angeordnet.

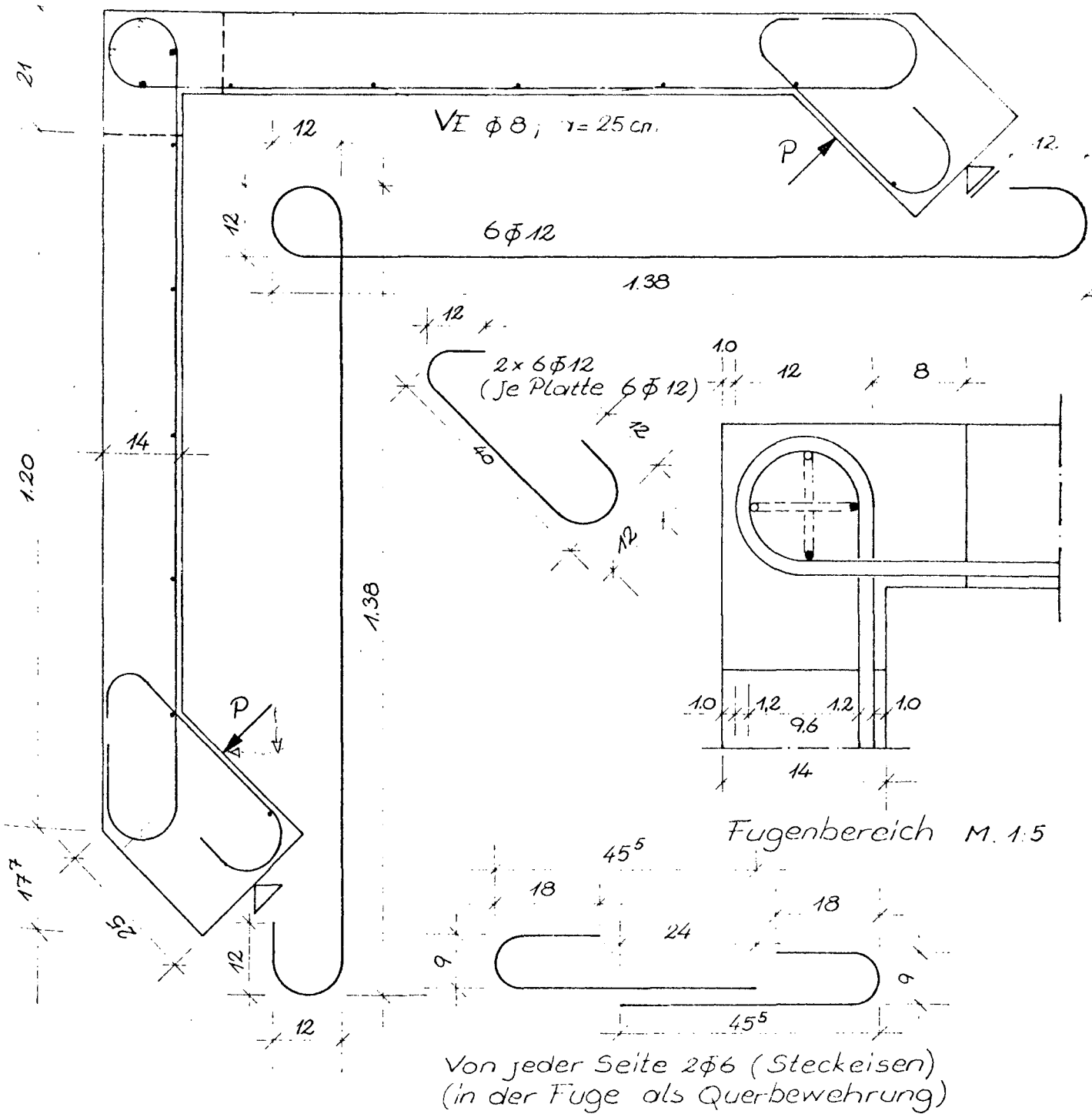
Der Bruch der Versuchskörper erfolgte unter der 1,5 bis 1,73-fachen rechnerischen Gebrauchslast. Die Bruchursache lag in einer zunehmenden Dehnung auf der Biegezugseite. Der Grund dafür liegt zunächst im sogenannten Hakenschlupf, d. h. der Betonverformung an den Abbiegestellen der Rippenstähle; zusätzlich bewirken die Umlenkkräfte ein Spalten des Betons und damit eine Verminderung der Haftfestigkeit, was zu einem Gleiten der Bewehrungsstäbe führt. Schließlich können die an den Randstäben auftretenden zusätzlichen Querkzugkräfte, hervorgerufen durch die versetzte Lage der zu stoßenden Stäbe nur unzureichend aufgenommen werden, so daß infolge Gleiten der Längsstäbe der Bruch von dort aus durch zunehmende Verkleinerung und schließlich Zerstörung der Betondruckzone ausgelöst wird. Begünstigt werden die Dehnungen in der Kehle noch dadurch, daß hier die Richtung der Bewehrung um 45° von der Richtung der Zugspannungen abweicht. Eine Zulagebewehrung in Richtung dieser Zugkräfte brachte zwar eine Zunahme der Bruchlast, führte jedoch nicht zu einer 1,75-fachen Sicherheit gegenüber der rechnerisch zulässigen Gebrauchslast.

Die maximale Rißbreite unter der rechnerischen Gebrauchslast lag zwischen 0,3 und 0,5 mm, bei 80 % der rechnerischen Gebrauchs-

last zwischen 0,2 und 0,4 mm. Hinsichtlich des Rißverhaltens wurde kein entscheidender Unterschied zwischen den drei untersuchten Bewehrungsarten festgestellt.

Die Verformungen folgten bei einer Belastung bis zu 40 % der Gebrauchslast den rechnerischen Verformungen nach Stadium I. Bei dieser Last erreichten die Betonspannungen auf der Biegezugseite die an den Betonbalken gemessenen Biegezugfestigkeiten. Darüber hinaus näherten sich die Verformungen den Rechenwerten nach Stadium II, die ein Vielfaches größer sind als die nach Stadium I.

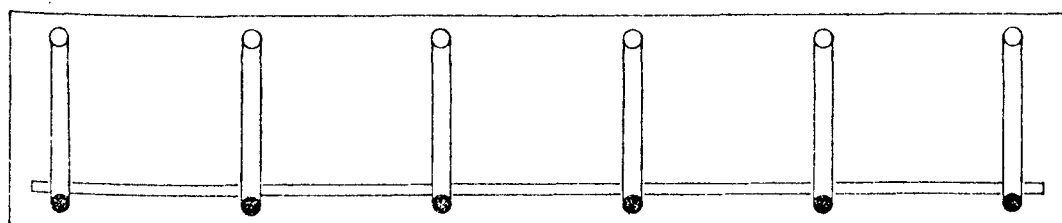
Dieser große Steifigkeitsabfall kann zu einer Schnittkraftumlagerung in statisch unbestimmten Systemen führen, wie z. B. in Behältern mit rechteckigem Querschnitt. Bei hochbeanspruchten Rahmenecken sollte daher eine scharfe Eckausbildung unbedingt vermieden und dafür Vouten angeordnet werden.



$e_{r1} = 3\phi = 3,6 \text{ cm}$

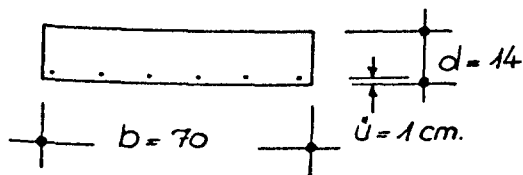
Platten-Querschnitt M. 1:5

$e_{r2} = 4\phi = 4,8 \text{ cm.}$



Anlage 2.

Kennwerte der Versuchskörper:



$$\phi_{\text{Nenn}} = 12 \text{ mm.}$$

$$F_{e_{\text{ges.}}} = 6,78 \text{ cm}^2$$

$$h = 14 - 1 - 1,2/2 = 12,4 \text{ cm.}$$

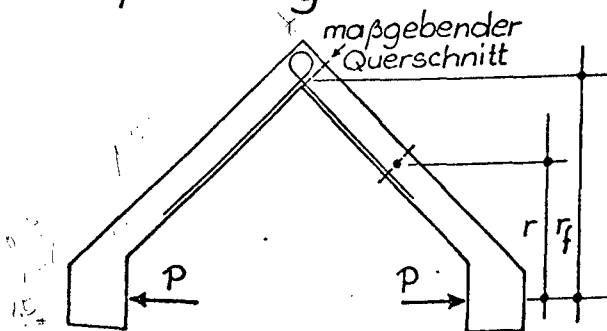
$$\mu = \frac{F_e}{b \cdot h} = \frac{6,78}{70 \cdot 12,4} = 0,78 \%$$

$$n = 15$$

$$x = \frac{15 \cdot 6,78}{70} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 70 \cdot 12,4}{15 \cdot 6,78}} \right) = 4,75 \text{ cm.}$$

$$z = 12,4 - 1,57 = 10,83 \text{ cm.}; e = 12,4 - 7 = 5,4 \text{ cm.}$$

Prüfanordnung



$$M = P \cdot r; N = 0,707 \cdot P$$

$$M_e = M - N \cdot e = P \cdot (r - 0,707 \cdot 0,054)$$

$$\begin{aligned} \sigma_e^{\text{II}} &= \frac{M_e}{z \cdot F_e} + \frac{N}{F_e} = \frac{M_e}{0,1083 \cdot 6,78} + \frac{N}{6,78} = \\ &= P \cdot [1,36 (r - 0,038) + 0,104] \\ &= P \cdot (1,36 \cdot r + 0,052) \left[\frac{\text{t}}{\text{cm}^2} \right] \text{ mit } P \text{ in t.} \\ &\quad r \text{ in m.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} -\max \sigma_b &= \frac{2 \cdot M_e}{z \cdot b \cdot x} = P \cdot \frac{2 (r - 0,038)}{0,1083 \cdot 0,70 \cdot 0,0475} = \\ &= P (555 \cdot r - 21) \left[\frac{\text{t}}{\text{cm}^2} \right] \text{ mit } P \text{ in t.} \\ &\quad r \text{ in m.} \end{aligned}$$

Gebrauchlast für $r_f = 0,88 \text{ m.}$ und $\sigma_e = 2,4 \text{ t/cm}^2$

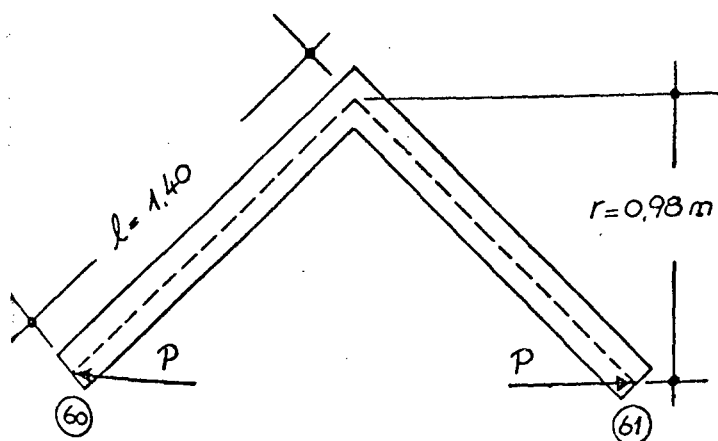
$$P = 2,4 / 1,36 \cdot 0,88 + 0,052 = 1,92 \text{ t.}; \max \sigma_b = -1,92 (555 \cdot 0,88 - 21) = -9,00 \text{ t/cm}^2$$

$$M_e = 1,92 (0,88 - 0,038) = 1,62 \text{ tm.}$$

Rechnerische Bruchlast für $r_f = 0,88 \text{ m.}; \sigma_s = 4,4 \text{ t/cm}^2; \beta_w = 300 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned} m_z = \frac{M_{e_{\text{zul.}}}}{b \cdot h^2 \cdot \beta_w} &= 0,05; \rightarrow \gamma = 0,90; \sigma_e^{\text{III}} = P \cdot \left[\frac{0,88 - 0,038}{0,9 \cdot 0,124 \cdot 6,78} + \frac{0,707}{6,78} \right] \\ &= 1,21 \cdot P; P_{\text{Bruch}} = \frac{4,4}{1,21} = 3,64 \text{ t.} \end{aligned}$$

$$\text{Damit zul. Gebrauchslast (n-frei)} P_{\text{zul.}} = \frac{3,64}{1,75} = 2,08 \text{ t.}$$



Durchbiegung der Schenkelende
= Verlängerung des Abstandes
der Punkte 60/61

a) nach Zustand I

$$f = \frac{2 \cdot M_E \cdot l^2}{3 \cdot E \cdot J};$$

$$M_E = P \cdot 0,98; \quad l = 0,98 \sqrt{2} = 1,40 \text{ m.}$$

$$E \cdot J = 3 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,14^3 \cdot 0,7}{12} = 480 \text{ tm}^2$$

$$f = P \frac{2 \cdot 0,98 \cdot 1,4^2 \cdot 1000}{3 \cdot 480} = 2,67 \cdot P \text{ [mm]}$$

bei P in [t]

b) nach Zustand II

(Heft 194 des DA f. Stb.)

$$f_o^I = k_e \cdot 0,90 \cdot \frac{\epsilon_e^I - \epsilon_o^I}{h} \cdot l^2; \quad \text{vgl. Anlage 3}$$

$$k_e = \frac{2}{3}; \quad l = 1,40 \text{ m.}; \quad h = 0,124 \text{ m.}$$

$$\epsilon_e^I = P \cdot \left(\frac{1,36 \cdot 0,98 - 0,052}{2100} \right) = P \cdot 0,61 \text{ ‰}$$

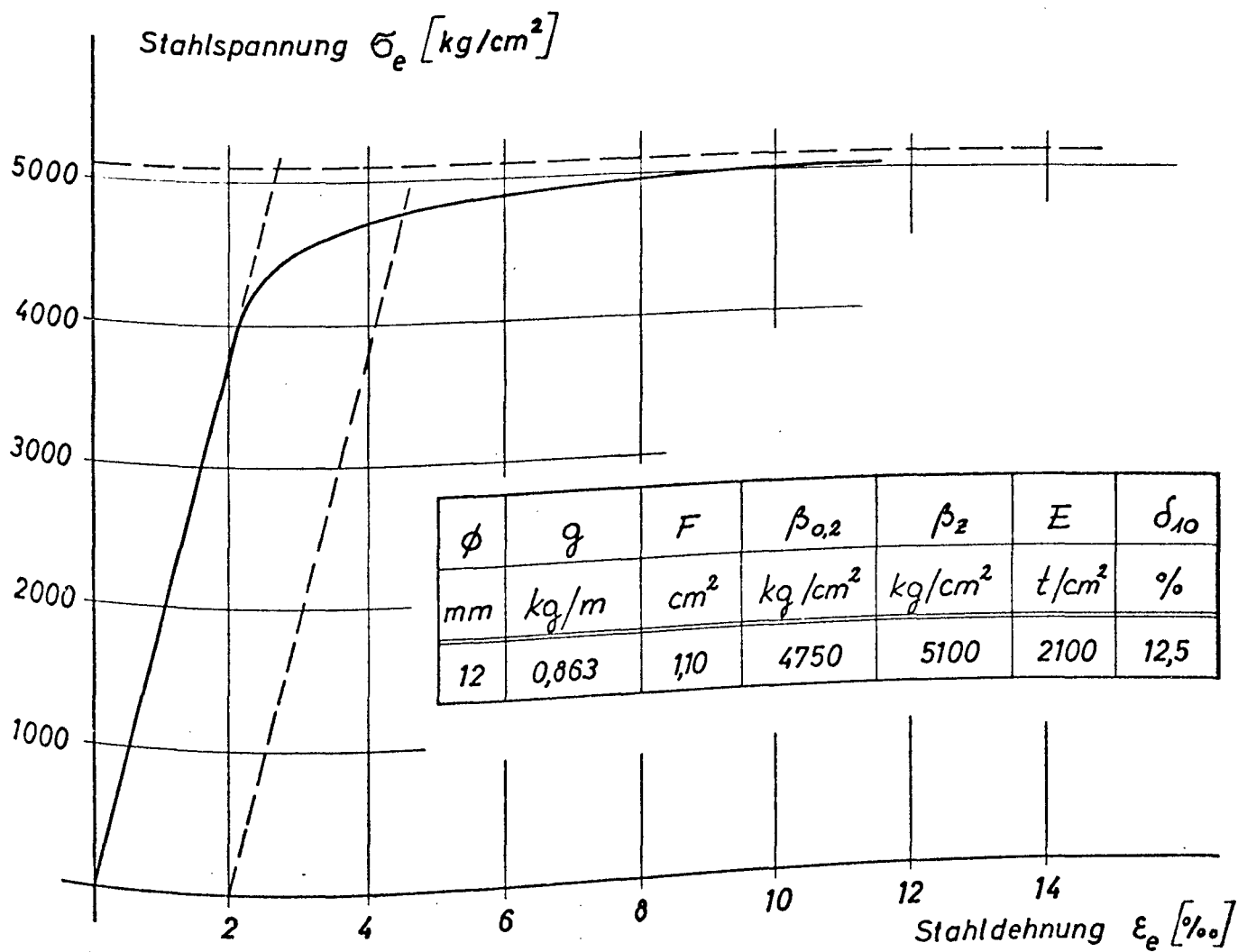
$$\epsilon_o^I = -P \cdot \frac{555 \cdot 0,98 - 21}{3000} = -P \cdot 0,175 \text{ ‰}$$

$$f_o^I = P \cdot \frac{2 \cdot 0,90}{3} \cdot \frac{0,61 + 0,175}{1000 \cdot 124} \cdot 2400^2 =$$

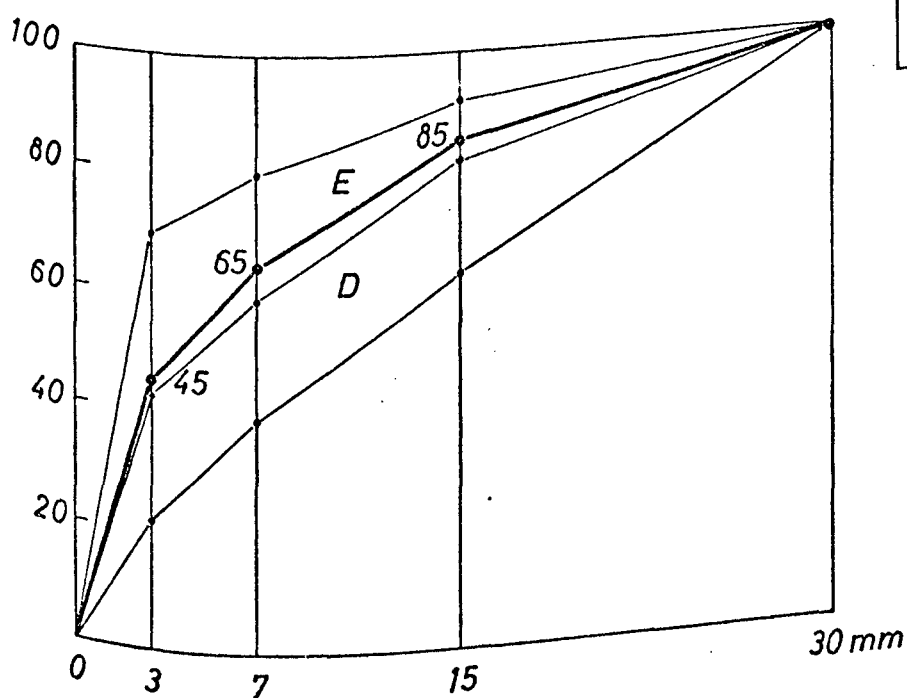
$$f_o^I = 21,9 \cdot P \text{ [mm]}$$

bei P in [t]

Anlage 4



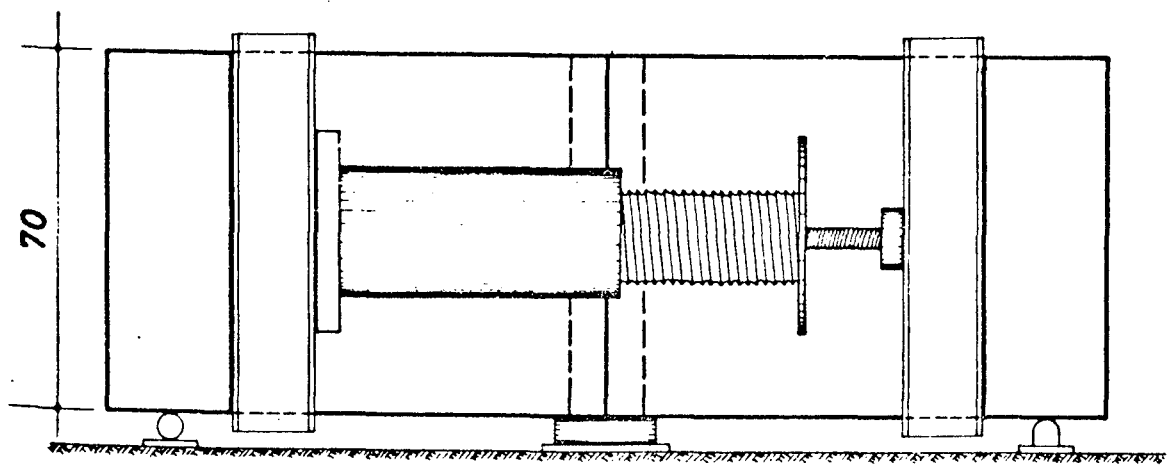
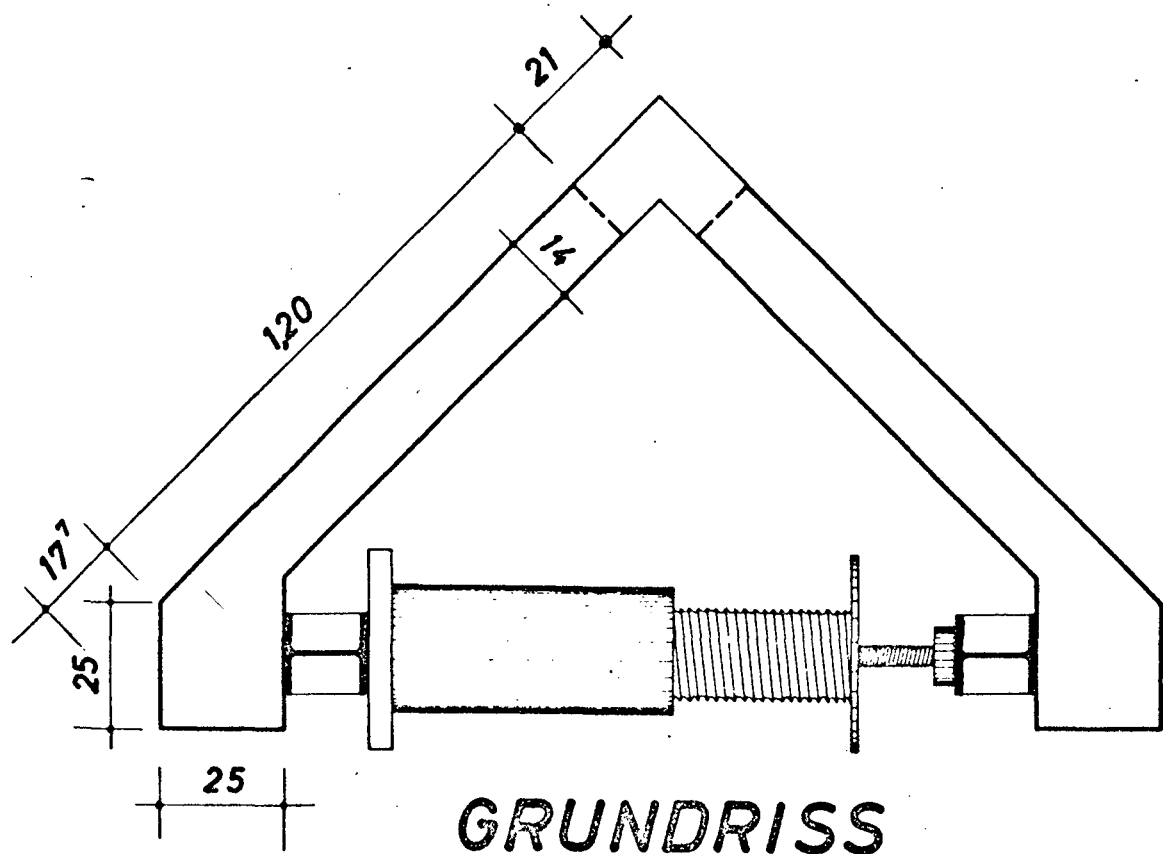
SPANNUNGSDEHNUNGSDIAGRAM DER LÄNGSSTÄBE ϕ 12 mm St. 42/50



B 300

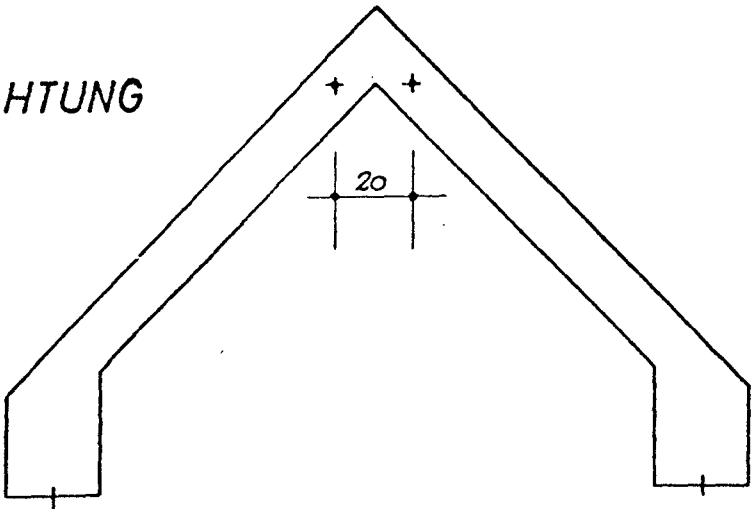
pro m³ Beton:
275 kg Zement
185 l Wasser
W/Z Faktor

Anlage 5

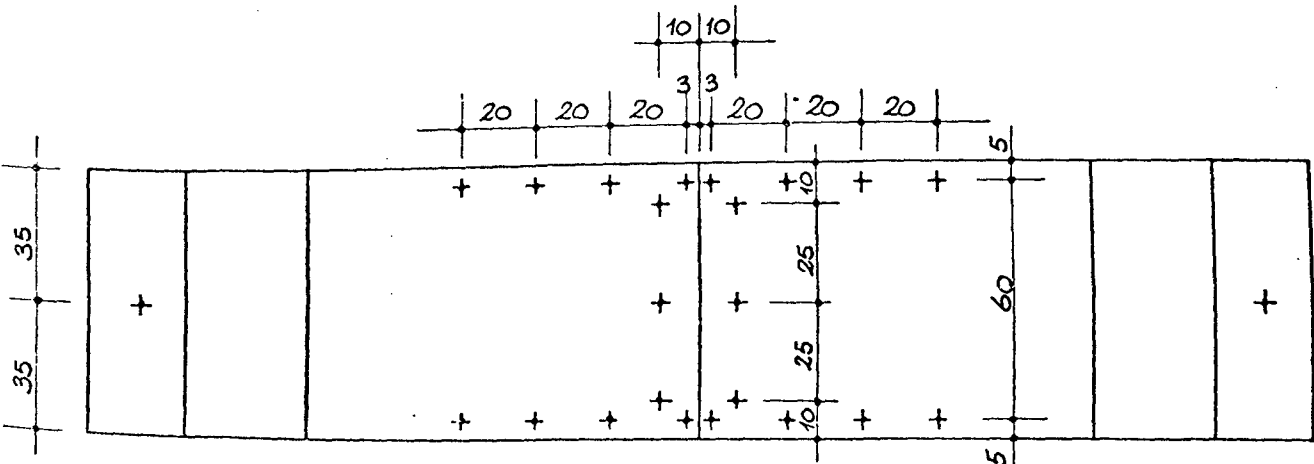


INSTITUT FÜR BAUSTOFFKUNDE UND STAHLBETONBAU TU. BRAUNSCHWEIG	VERSUCHSAUFBAU	Anlage 6
--	-----------------------	----------

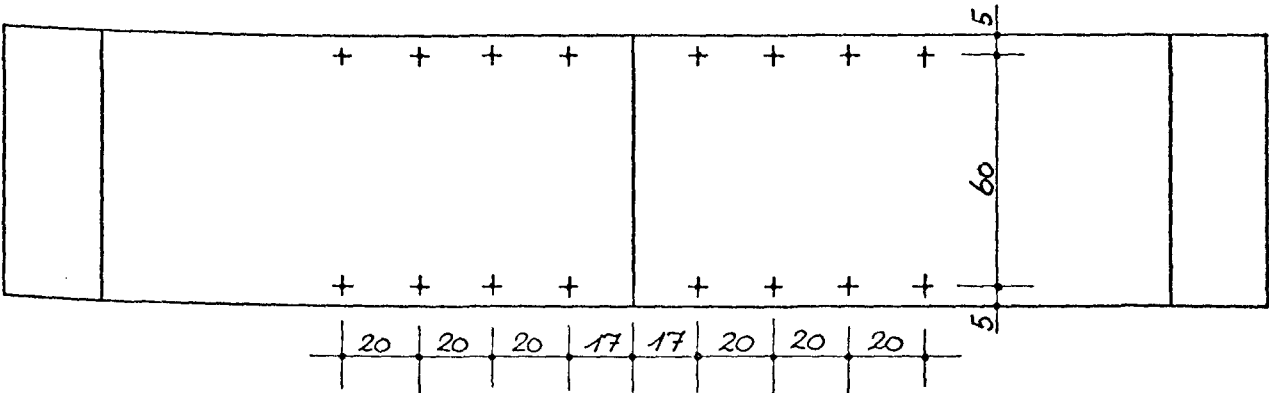
MESSEINRICHTUNG



GENAUE VERMASSUNG DER MESSPUNKTE



ABWICKLUNG DER BIEGEZUGSEITE

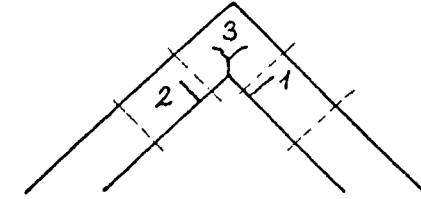


ABWICKLUNG DER BIEGEDRUCKSEITE

Versuchsergebnisse

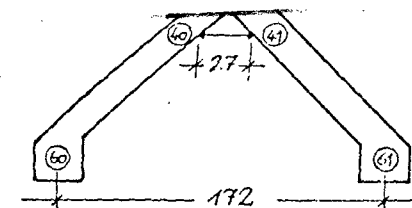
Bezeichnung des Versuchskörpers	Betondruckfestigkeit beim Versuch		Biegezugfestigkeit		Bewehrungsform.	Fuge	max. Rißbreite bei $\sigma_e = 2,5 \text{ t/cm}^2$ [mm]	Bruchlast [t]	$\frac{P_{\text{Bruch}}}{P_{\text{Gebrauch}} = 2,08 \text{ t.}}$
	Fertigteil	Fuge	Fertigteil	Fuge					
E 1	$W_{28} = 353$	$W_{21} = 344$	$\beta_{28} = 32,2$	—	Hakenstoß	Ja	0,40	3,2	1,54
E 2	$W_{21} = 343$	—	$\beta_{21} = 36,0$	—		nein	0,35	3,2	1,54
E 3	$W_{28} = 291$	$W_{24} = 293$	$\beta_{28} = 34,8$	—	Durchlaufende Schlaufen	Ja	0,30	3,4	1,63
E 4	$W_{28} = 280$	—	$\beta_{28} = 31,0$	—		nein	0,50	3,54	1,70
E 5	$W_{34} = 291$	$W_{28} = 255$	$\beta_{34} = 38,9$	$\beta_{28} = 36,5$	Hakenstoß mit Zulage	Ja	0,40	3,6	1,73
E 6	$W_{48} = 278$	—	$\beta_{48} = 41,3$	—		nein	0,30	3,48	1,63

Rißbreite in [mm]

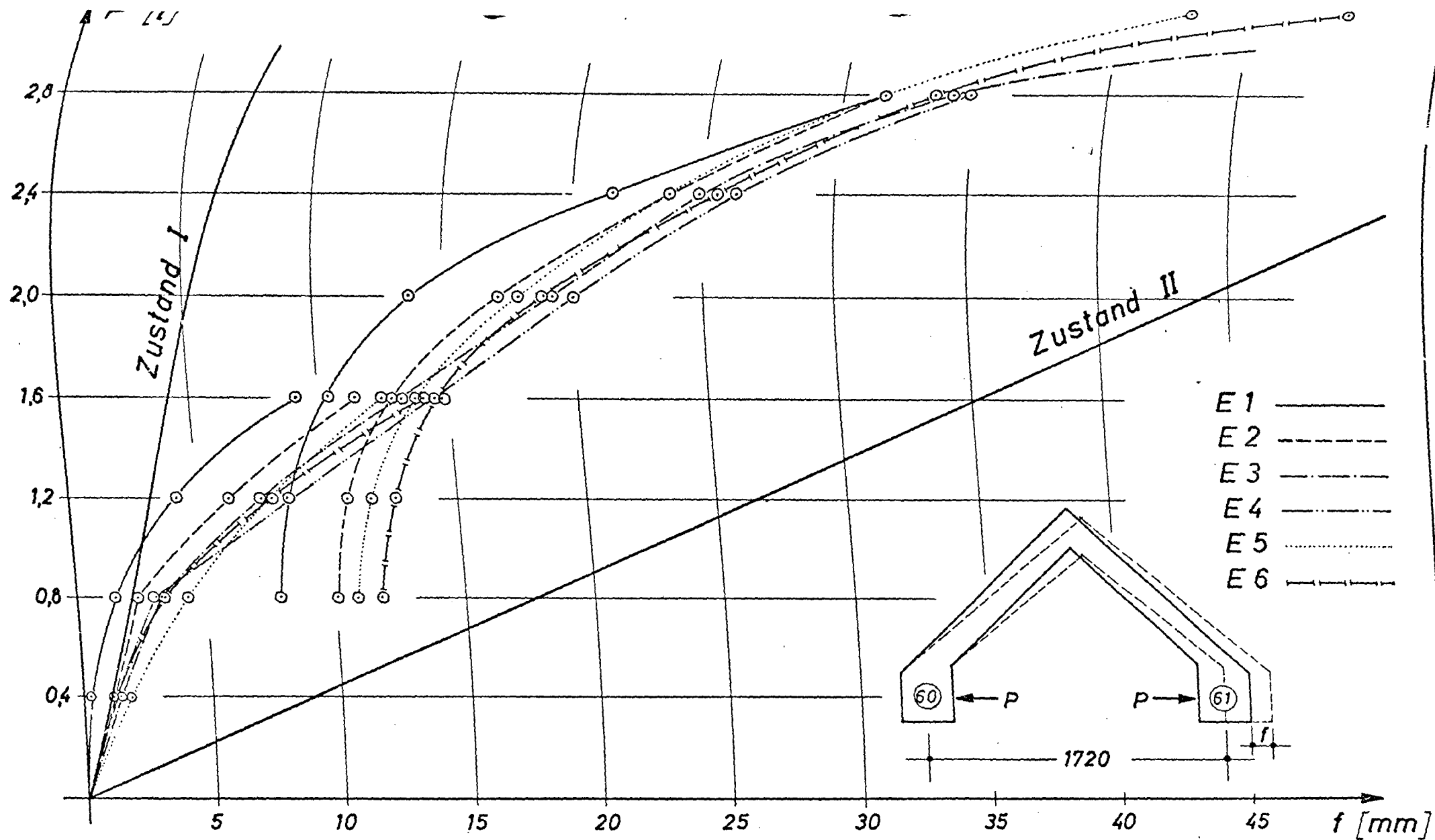


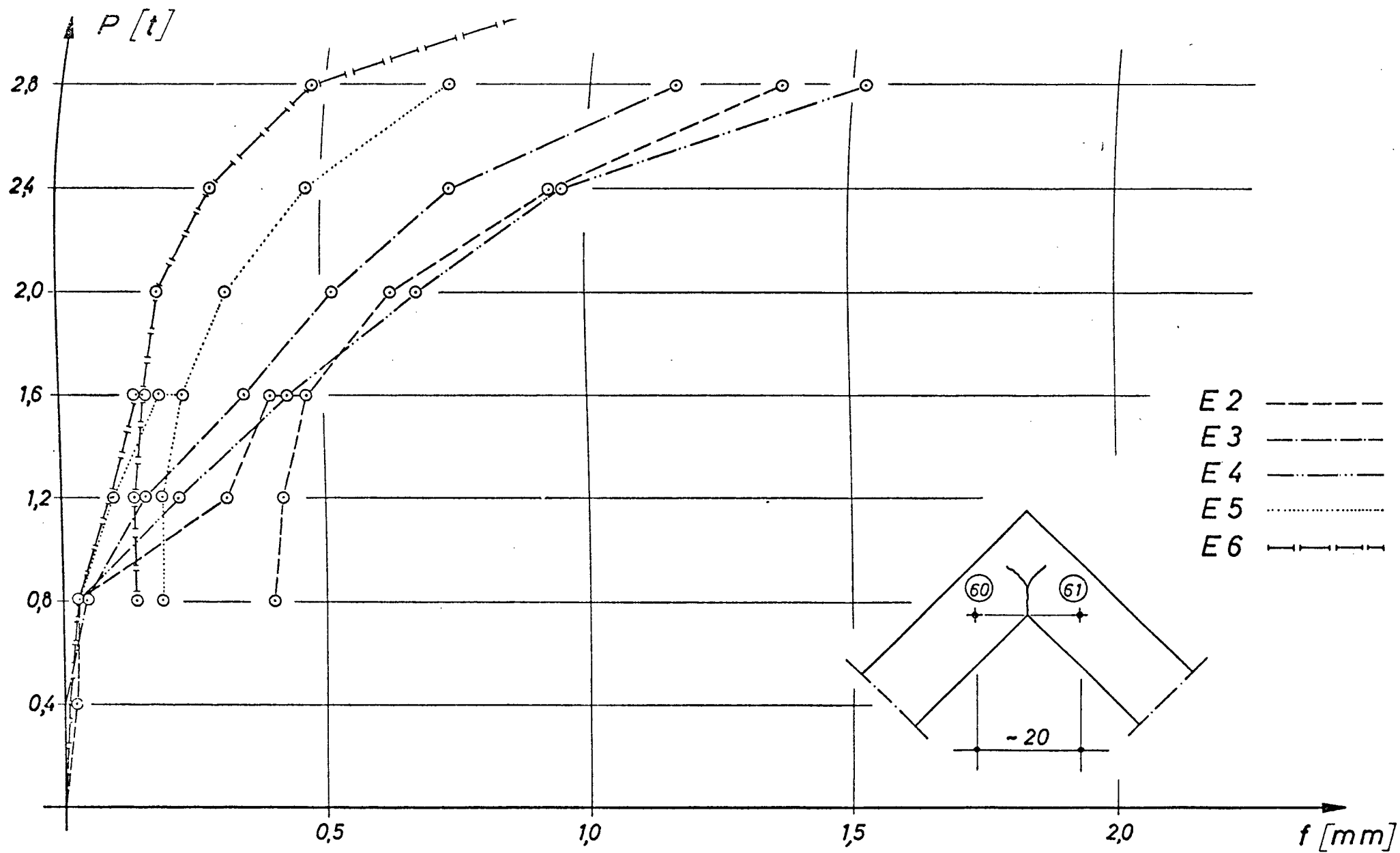
Last	Riß 1						Riß 2						Riß 3					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E1	E2	E3	E4	E5	E6
0.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1
1.2	0.1	—	0.1	—	0.15	0.1	—	—	0.1	—	0.2	0.1	0.15	0.15	0.1	0.15	—	0.1
1.6	0.1	0.1	0.15	—	0.20	0.20	0.1	0.1	0.15	—	0.25	0.15	0.25	0.2	0.15	0.3	—	0.15
1.6 ⁽¹⁰⁾	0.15	0.1	—	—	0.30	0.25	0.15	0.1	—	—	0.4	0.15	0.35	0.2	—	—	—	0.15
0.8	0.1	—	—	—	0.20	0.20	0.1	—	—	—	0.25	0.15	0.2	0.25	—	—	—	0.15
1.2	0.1	—	—	—	0.25	0.25	0.1	—	—	—	0.3	0.15	0.3	0.2	—	—	—	0.15
1.6	0.15	0.1	—	—	0.35	0.25	0.15	0.1	—	—	0.4	0.15	0.35	0.3	—	—	—	0.15
2.0	0.15	0.1	0.20	0.1	0.35	0.30	0.15	0.1	0.2	0.1	0.4	0.2	0.4	0.35	0.3	0.5	—	0.25
2.4	0.15	0.2	0.25	0.15	0.45	0.45	0.2	0.2	0.25	0.15	0.45	0.2	0.75	0.4	0.35	0.7	0.1	0.25
2.8	0.15	0.2	0.30	0.20	0.55	0.80	0.2	0.2	0.3	0.2	0.6	0.25	1.30	0.5	0.5	1.2	0.3	0.3
3.2	—	—	—	—	0.80	1.00	—	—	—	—	0.6	0.3	—	1.9	1.5	2.0	0.8	0.7

Verlängerung, des Abstandes der freien Enden und
Dehnungen im Bereich der einspringenden Ecke
(senkrecht zur Winkelhalbierenden gemessen)

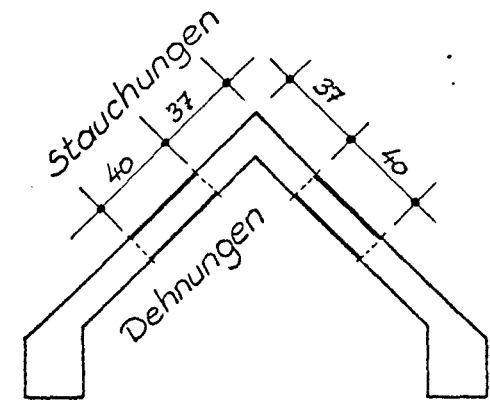


Last	Verlängerung des Abstandes der freien Enden [mm.] Strecke 60-61						Dehnungen in Höhe der einsprin- genden Ecke [mm.] Strecke 52-53						Dehnungen 19 cm. vor der ein- springenden Ecke [mm.] Werte 40-41					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E1	E2	E3	E4	E5	E6
0.4	0.2	1.1	1.3	1.1	1.8	1.3	—	0.02	0	0	0	0	—	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05
0.8	1.5	2.2	3.3	3.1	4.3	3.4	—	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	—	0.10	0.22	0.18	0.26	0.14
1.2	4.2	6.1	7.4	8.5	7.8	7.8	—	0.31	0.16	0.22	0.10	0.09	—	0.52	0.59	0.67	0.48	0.42
1.6	9.1	11.4	13.1	14.4	12.5	13.4	—	0.40	0.35	0.43	0.19	0.14	—	0.99	1.06	1.17	0.76	0.67
1.6 ⁽⁵⁾	10.2	12.3	—	—	13.4	14.1	—	0.47	—	—	0.21	0.15	—	1.10	—	—	0.82	0.72
1.6 ⁽¹⁰⁾	10.5	12.7	—	—	13.7	14.4	—	0.47	—	—	0.22	0.15	—	1.12	—	—	0.85	0.74
0.8	7.9	10.1	—	—	10.9	11.7	—	0.40	—	—	0.19	0.14	—	1.08	—	—	0.67	0.72
1.2	8.5	10.8	—	—	11.7	12.6	—	0.42	—	—	0.19	0.14	—	1.12	—	—	0.73	0.72
1.6	10.5	12.8	—	—	13.7	14.6	—	0.48	—	—	0.23	0.16	—	1.13	—	—	0.85	0.75
2.0	13.7	17.1	19.2	20.0	17.9	18.9	—	0.63	0.52	0.68	0.32	0.19	—	1.50	1.55	1.67	1.10	0.98
2.4	21.5	23.7	24.9	26.2	23.8	25.4	—	0.93	0.74	0.95	0.47	0.29	—	2.16	2.05	2.32	1.53	1.40
2.8	31.5	31.3	34.1	34.8	31.6	33.4	—	1.36	1.16	1.52	0.73	0.47	—	3.11	3.07	3.55	2.19	2.02
3.2	—	—	64.4	—	42.6	48.6	—	—	3.78	—	1.50	1.03	—	—	8.45	—	3.55	3.65





Last	Dehnungen: mittl. Meßwert von $\begin{cases} 12-14 \\ 16-18 \\ 32-34 \\ 36-38 \end{cases}$						Stauchungen: mittl. Meßwert von $\begin{cases} 2-4 \\ 6-8 \\ 22-24 \\ 26-28 \end{cases}$					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E1	E2	E3	E4	E5	E6
0,4	—	0,03	0,21	0,07	0,18	0,19	0,11	0,27	0,26	0,25	0,19	0,24
0,8	0,08	0,21	0,41	0,33	0,41	0,46	0,28	0,43	0,31	0,51	0,43	0,50
1,2	0,29	0,57	—	—	0,98	1,34	0,52	0,65	—	—	0,76	0,94
1,6	0,81	1,36	—	—	2,00	2,41	0,85	0,98	—	—	1,16	1,40
1,6 ⁽⁴⁰⁾	1,12	1,55	—	—	2,24	2,65	0,81	1,05	—	—	1,22	1,45
0,8	0,80	1,26	—	—	1,77	2,12	0,67	0,79	—	—	0,93	1,18
1,2	0,86	1,39	0,95	1,03	1,93	2,29	0,76	0,88	0,55	0,91	1,03	1,29
1,6	1,05	1,57	1,90	2,07	2,24	2,70	0,92	1,02	0,96	1,33	1,23	1,41
2,0	1,66	2,47	2,94	2,95	3,08	3,43	1,14	1,39	1,32	1,71	1,49	1,80
2,4	2,88	3,47	4,06	3,75	3,97	4,47	1,57	1,75	1,78	2,08	1,92	2,21
2,8	3,66	4,23	4,94	4,50	4,92	5,44	1,88	2,13	2,23	2,49	2,37	2,69

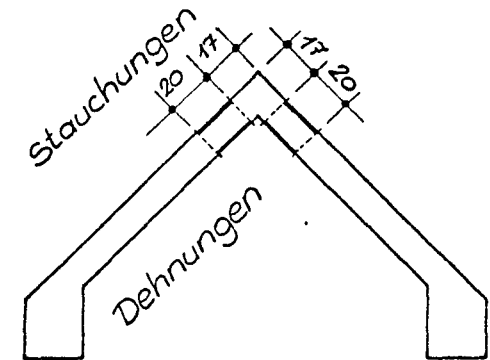


Verformungen in 1/10 mm. auf 40 cm. Meßlänge
im Bereich außerhalb der Fuge.

Anlage 13

Last	Dehnungen: mittl. Meßwert von $\begin{cases} 11-12 \\ 15-16 \\ 31-32 \\ 35-36 \end{cases}$						Stauchungen: mittl. Meßwert von $\begin{cases} 1-2 \\ 5-6 \\ 21-22 \\ 25-26 \end{cases}$					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E1	E2	E3	E4	E5	E6
0,4	—	0,09	0,23	0,04	0,33	0,12	0,05	0,17	0,13	0,16	0,21	0,17
0,8	0,15	0,19	0,56	0,27	0,85	0,33	0,21	0,28	0,32	0,34	0,46	0,35
1,2	0,71	0,57	—	—	1,51	1,04	0,44	0,46	—	—	0,72	0,67
1,6	1,35	1,27	—	—	2,24	1,94	0,68	0,72	—	—	1,07	1,01
1,6 ⁽¹⁰⁾	1,55	1,49	—	—	2,43	2,19	0,67	0,77	—	—	1,05	1,06
0,8	1,14	1,15	—	—	1,90	1,78	0,51	0,58	—	—	0,84	0,86
1,2	1,23	1,24	1,09	0,84	2,08	1,92	0,59	0,63	0,57	0,64	0,92	0,93
1,6	1,56	1,50	1,90	1,46	2,44	2,23	0,73	0,76	0,83	0,91	1,07	1,05
2,0	1,97	1,96	2,54	1,93	3,05	2,89	0,90	0,97	1,12	1,12	1,30	1,32
2,4	2,47	2,49	3,09	2,31	3,81	3,36	1,15	1,18	1,38	1,42	1,68	1,68
2,8	2,66	2,79	3,75	2,63	4,43	3,77	1,38	1,40	1,74	1,68	2,14	2,17

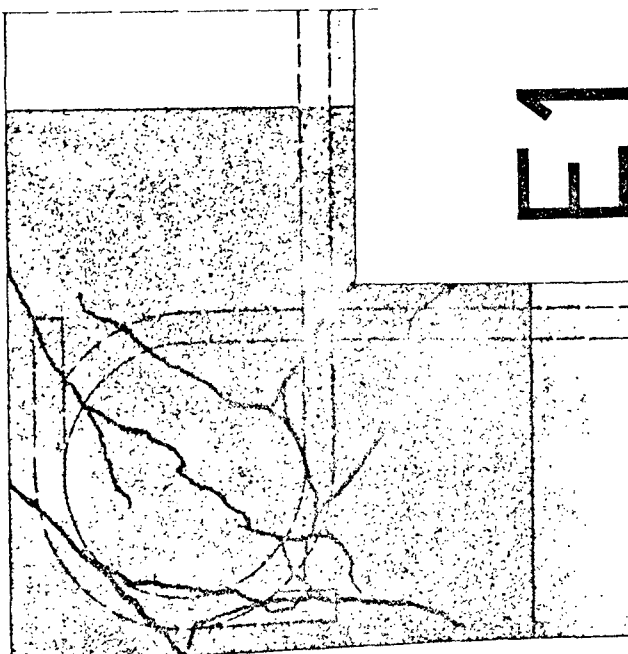
Verformungen in 1/10 mm. auf 20 cm. Meßlänge
im Bereich der Fuge



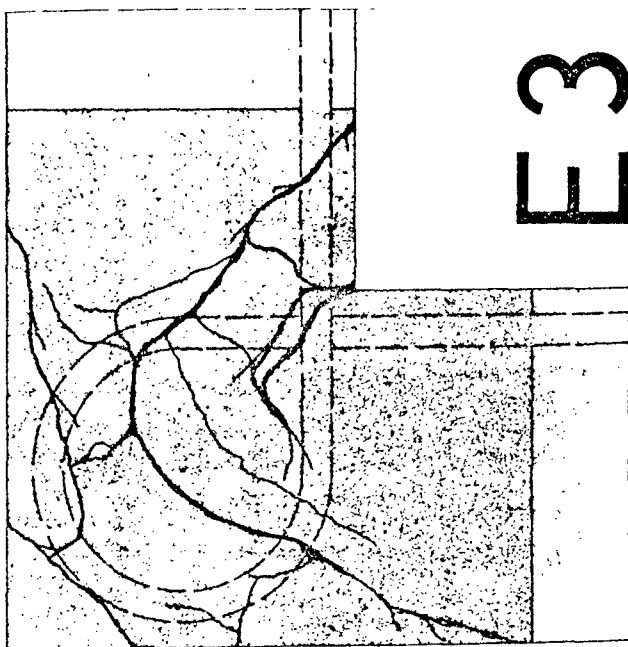
Anlage 14

RISSBILDER IM BRUCHZUSTAND BEI DEN VERSUCHEN AN EINSRINGENDEN ECKEN

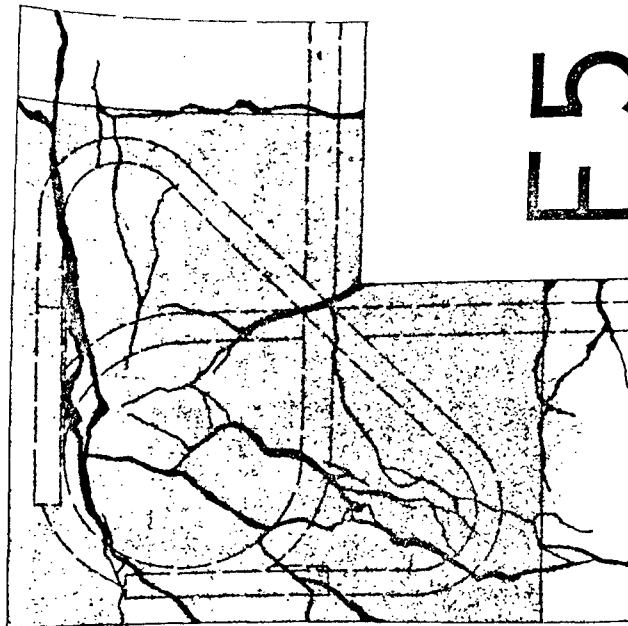
Anlage 1



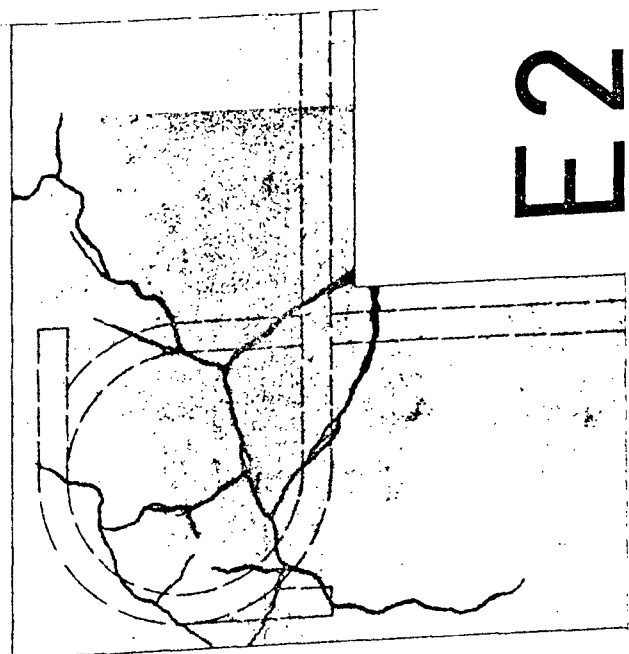
E1



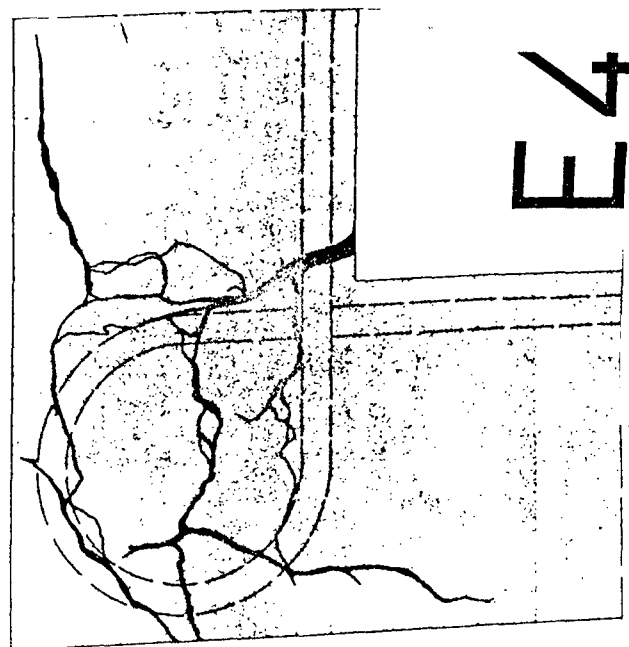
E3



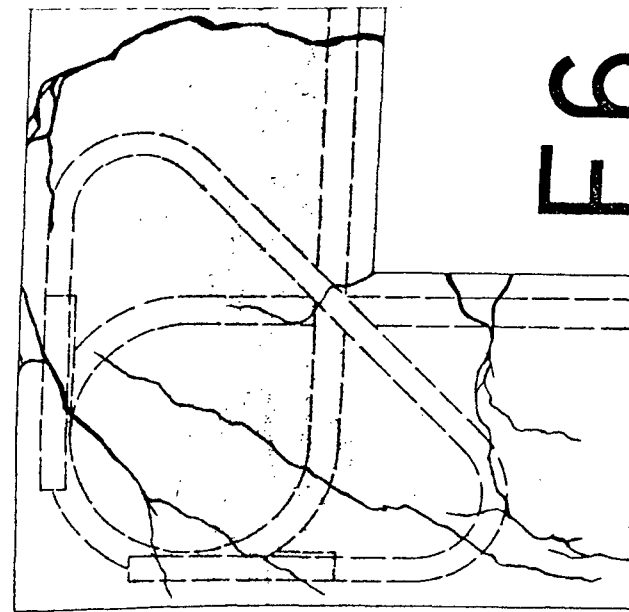
E5



E2



E4



E6